

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять та самостійної роботи

з навчальної дисципліни

**«ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА АТМОСФЕРИ МІСТА»**

*(для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання  
спеціальності 183 – Технологія захисту навколишнього середовища)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2017**

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Технологія захисту навколишнього середовища» (для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання спеціальності 183 – Технологія захисту навколишнього середовища) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 24 с.

Укладачі : канд. техн. наук, доц. В. Є. Бекетов,  
ст. викл. Г. П. Євтухова

**Рецензент:**

**Ю. Л. Коваленко**, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

*Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,  
протокол № 1 від 31 серпня 2015 р.*

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ І КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	5
1 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНІ АТМОСФЕРНІ ПРОЦЕСИ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....	5
1.1 ТЕМА 1 ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ .....	5
1.1.1 Завдання 1 .....	5
1.2 ТЕМА 2 АНАЛІЗ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ МІСТА.....	9
1.2.1 Завдання 2 .....	9
1.3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДО ЗМ 1 .....	11
2 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....	11
2.1 ТЕМА 3 ПРИРОДНІ ФАКТОРИ ЩО СПРИЯЮТЬ НЕБЕЗПЕЧНОМУ ЗАБРУДНЕННЮ АТМОСФЕРИ МІСТА.....	11
2.1.1 Завдання 3 .....	11
2.2 ТЕМА 4 РОЗРАХУНОК КОНЦЕНТРАЦІЙ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ЩО МІСТЯТЬСЯ У ВИКИДАХ ПІДПРИЄМСТВ (ОНД-86) .....	13
2.2.1 Завдання 4. ....	13
2.3 ТЕМА 5 ГАУСОВА МОДЕЛЬ РОЗСІЮВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ .....	15
2.3.1 Завдання 5 .....	15
2.4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДО ЗМ 2.....	18
3 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 СИСТЕМА ІНЖЕНЕРНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА .....	20
3.1 ТЕМА 6 ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВИКИДІВ У АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ. ТЕМА 7 ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ .....	20
3.1.1 Завдання 6 .....	20
3.2 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДО ЗМ 3.....	22
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	23

## Вступ

Дисципліна «Технологія захисту навколишнього середовища», згідно з навчальним планом підготовки магістра, є фаховою і вивчається протягом одного семестру студентами денної і заочної форм навчання. Дисципліна складається з одного модуля. Під час вивчення дисципліни студенти отримують теоретичні знання і практичні навички рішення завдань із такої тематики:

- Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря;
- Аналіз надзвичайних ситуацій забруднення атмосфери міста;
- Природні фактори що сприяють небезпечному забрудненню атмосфери міста;
- Розрахунок концентрацій в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, що містяться у викидах підприємств (ОНД-86);
- Гаусова модель розсіювання забруднюючих речовин у атмосферному повітрі;
- Шляхи зниження промислових викидів у атмосферне повітря;
- Шляхи зниження викидів від автотранспорту.

Практичні заняття передбачають розгляд теоретичних питань та розв'язання тематичних задач.

Самостійна робота передбачає вивчення конспекту лекцій та додаткової літератури, а також виконання розрахункових завдань за лекційним матеріалом і контрольної роботи. Для контролю рівня засвоєння теоретичного матеріалу у даних методичних вказівках наведені питання до контролю рівня самостійної підготовки.

Методичні вказівки побудовані так:

- Дається приклад розв'язання практичних задач та теоретичні виклади, необхідні для розв'язання розрахункових завдань;
- Надаються вихідні дані до розрахункових завдань самостійної роботи.
- Подаються питання для контролю засвоєння теоретичного матеріалу за тематикою змістового модуля.

# РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ І КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

## 1 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНІ АТМОСФЕРНІ ПРОЦЕСИ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

### 1.1 Тема 1 Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря

#### 1.1.1 Завдання 1

*Визначте ризик виникнення канцерогенного ефекту в результаті забруднення атмосферного повітря шкідливою домішкою концентрацією  $C$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ). При оцінці використати стандартні дескриптори експозиції і критерії, рекомендовані ВООЗ.*

Для характеристики канцерогенного ризику розраховують: індивідуальний канцерогенний ризик  $CR$ ; популяційний канцерогенний ризик  $PCR$  за формулами:

$$CR = LADD \cdot SF = LADC \cdot UR$$

$$PCR = CR \cdot POP$$

де  $LADD$  – середня добова доза речовини протягом життя,  $\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{добу})$ ;

$SF$  – фактор нахилу,  $(\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{добу}))^{-1}$ ;

$LADC$  – середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за увесь період усереднення експозиції,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$UR$  – одиничний ризик,  $(\text{мг}/\text{м}^3)^{-1}$ ;

$POP$  – чисельність популяції, що зазнає впливу, осіб.

Розрахунок середньодобової дози для інгаляційного впливу речовини з атмосферного повітря виконують за формулою:

$$LADD = [(Ca \cdot Tout \cdot Vout) + (Ch \cdot Tin \cdot Vin)] \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT \cdot 365),$$

де  $SF$  – фактор канцерогенного потенціалу (нахилу),  $(\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{добу}))^{-1}$ ;

$Ca$  – концентрація речовини в атмосферному повітрі,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$Ch$  – концентрація речовини в повітрі приміщення,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$Tout$  – час перебування поза приміщенням, год/добу;

$T_{in}$  – час перебування усередині приміщення, год/добу;  
 $V_{out}$  – швидкість дихання поза приміщенням, м<sup>3</sup>/год;  
 $V_{in}$  – швидкість дихання усередині приміщення, м<sup>3</sup>/год;  
 $EF$  – частота впливу, день за рік;  
 $ED$  – час впливу, рік;  
 $BW$  – маса тіла, кг;  
 $AT$  – період усереднювання експозиції, рік;  
 $365$  – кількість днів у році.

При оцінці ризиків для здоров'я, зумовлених впливом забруднювачів атмосферного повітря, слід орієнтуватися на систему критеріїв і використати значення факторів експозиції, референтних концентрацій, факторів канцерогенного потенціалу, рекомендованих ВООЗ (табл. 1.1 і 1.2).

Таблиця 1.1 – Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Високий (De Manifestis) – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику з усунення або зниження ризику	$> 10^{-3}$
Середній – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	$10^{-3} - 10^{-4}$
Низький – припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4} - 10^{-6}$
Мінімальний (De Minimis) – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$< 10^{-6}$

Таблиця 1.2 – Рекомендовані значення факторів експозиції

Фактор експозиції	Величина
1	2
Маса тіла, кг	
– середній дорослий	60
– дорослий чоловік	70
– доросла жінка	58
– середня величина	64
– рекомендована ВООЗ	60

Продовження таблиці 1.2

1	2
Площа поверхні тіла, см <sup>2</sup>	
– дорослий чоловік	18000
– доросла жінка	16000
Об'єм дихання, л/8 год	
– дорослий чоловік	3600
– доросла жінка	2900
– дитина (10 років)	2300
легка/не виробнича діяльність	
– дорослий чоловік	9600
– доросла жінка	9100
– дитина (10 років)	6240
Інгаляція за добу, м <sup>3</sup> (8 годин відпочинку, 16 год легкої або невиробничої діяльності)	
– дорослий чоловік	23
– доросла жінка	21
– дитина (10 років)	15
– середній дорослий	22
Швидкість інгаляції, м <sup>3</sup> /доба	
– діти (вік 1 рік і менше)	4,5
– діти (вік 1 - 12 років)	8,7
– дорослі жінки	11,3
– дорослі чоловіки	15,2
Час, що проводиться у приміщенні, год / доб	
– діти 3 – 11 років	19 (будні дні)
	17 (вихідні)
– дорослі	21 (будні дні)
	16,4 (вихідні)
Час, що проводиться поза приміщенням, год./доба	
– діти 3 – 11 років	5 (будні дні)
	7 (вихідні)
– дорослі	1,5 (будні дні)
	2 (вихідні)

Таблиця 1.3 – Варіанти для розрахування завдання 1

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Забруднююча речовина	Бенз(а)пірен	ДДТ	Дихлофос	Епіхлоргідрин	Хлороформ	Свинець	Формальдегід	Бензол	Ацетальдегід	Акрилонітрил
Концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м <sup>3</sup>	9,5E-07	9,5E-05	0,29	0,95	0,45	0,95	0,95	9,5E-04	1,95	2,95
Чисельність популяції, що зазнає впливу, тис. ос.	300	500	700	800	900	300	500	700	800	900
Номер варіанта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Забруднююча речовина	Вінілхлорид	Нікель	Хром (VI)	Хлор етан	Трихлоретилен	Бенз (а) пірен	ДДТ	Дихлофос	Епіхлоргідрин	Хлороформ
Концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м <sup>3</sup>	0,95	9,5E-04	3,5E-03	1,6	2,5	9,5E-06	9,5E-04	2,9	9,5	4,5
Чисельність популяції, що зазнає впливу, тис. ос.	300	500	700	700	700	300	500	700	800	900
Номер варіанта	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Забруднююча речовина	Свинець	Формальдегід	Бензол	Ацетальдегід	Акрилонітрил	Вінілхлорид	Нікель	Хром (VI)	Хлор етан	Трихлоретилен
Концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м <sup>3</sup>	9,5	9,5	9,5E-03	1,95	2,95	9,5	9,5E-05	3,5E-04	1,6E-01	2,5E-01
Чисельність популяції, що зазнає впливу, тис. ос.	300	500	700	800	900	300	500	700	700	700



## 1.2 Тема 2 Аналіз надзвичайних ситуацій забруднення атмосфери міста

### 1.2.1 Завдання 2

*Визначте сумарний неканцерогенний ризик з урахуванням критичних органів і систем, пов'язаний із забрудненням атмосферного повітря двома забруднюючими речовинами.*

Для хімічних речовин, що не мають канцерогенної дії, оцінка ризику проводиться на основі коефіцієнта небезпеки ( $HQ$ ) і індексу небезпеки ( $HI$ ).

Розрахунок коефіцієнта небезпеки проводиться за формулою:

$$HQ = AC / RfC,$$

де  $AC$  – середня концентрація,  $\text{мг/м}^3$ ;

$RfC$  – референтна (безпечна) концентрація,  $\text{мг/м}^3$ .

Індекс небезпеки для умов одночасного вступу декількох речовин одним і тим же шляхом (наприклад, інгаляційним або пероральним) розраховується за формулою:

$$HI = \sum HQ_i,$$

де  $HQ_i$  – коефіцієнти небезпеки для окремих компонентів суміші речовин, що впливають.

Критерії для характеристики коефіцієнта небезпеки наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки ( $HQ$ )
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	$< 1$
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню $HQ$	$> 1$

Таблиця 1.5 – Варіанти для розрахування завдання 2

Номер варіанта	Забруднююча речовина	Середня концентрація, мг/м <sup>3</sup>	Номер варіанта	Забруднююча речовина	Середня концентрація, мг/м <sup>3</sup>
1	Азоту діоксид	0,02	16	Етанол	55
	Водень хлорид	0,01		Толуол	0,096
2	Ацетон	18	17	Акролеїн	7E-06
	Гексан	0,3		Толуол	0,12
3	Бензол	0,008	18	Сірки діоксид	0,035
	Вінілхлорид	0,03		Тетрахлорфенол	0,028
4	Водень фтористий	0,008	19	Стирол	0,35
	Азотна кислота	0,03		Метилмеркаптан	0,00076
5	Аміак	0,015	20	Хлор	3,5E-05
	Бромметан	0,06		Метилметакрилат	0,46
6	Етанол	80	21	Азоту діоксид	0,03
	Толуол	0,06		Водень хлорид	0,001
7	Акролеїн	0,0000085	22	Ацетон	25
	Толуол	0,32		Гексан	0,15
8	Сірки діоксид	0,012	23	Бензол	0,01
	Тетрахлорфенол	0,056		Вінілхлорид	0,07
9	Стирол	0,55	24	Водень фтористий	0,005
	Метилмеркаптан	0,00056		Азотна кислота	0,06
10	Хлор	0,000055	25	Аміак	0,005
	Метилметакрилат	0,56		Бромметан	0,059
11	Азоту діоксид	0,02	26	Етанол	90
	Водень хлорид	0,04		Толуол	0,04
12	Ацетон	20	27	Акролеїн	9,5E-06
	Гексан	0,15		Толуол	0,12
13	Бензол	0,015	28	Сірки діоксид	0,022
	Вінілхлорид	0,05		Тетрахлорфенол	0,076
14	Водень фтористий	0,0018	29	Стирол	0,75
	Азотна кислота	0,038		Метилмеркаптан	0,00026
15	Аміак	0,085	30	Хлор	8,5E-05
	Бромметан	0,03		Метилметакрилат	0,26

### **1.3 Контрольні запитання до ЗМ 1**

1. Проаналізуйте основні джерела небезпечного забруднення атмосфери міста.
2. Проаналізуйте показники, які використовуються для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря міста.
3. Проаналізуйте наслідки дії небезпечного забруднення атмосферного повітря міста.
4. Проаналізуйте основні положення класифікації надзвичайних ситуацій на Україні.
5. Проаналізуйте основні складові методології оцінки ризику.
6. Проаналізуйте основні етапи схеми оцінки ризику і їх зміст.
7. Наведіть приклад визначення характеристики неканцерогенного ризику. Коефіцієнт і індекс безпеки.
8. Наведіть приклад визначення характеристики канцерогенного ризику. Індивідуальний і популяційний ризики.
9. Охарактеризуйте параметри для оцінки канцерогенного і неканцерогенного ризику в методології оцінки ризику.

## **2 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2**

### **ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

#### **2.1 Тема 3 Природні фактори що сприяють небезпечному забрудненню атмосфери міста**

##### **2.1.1 Завдання 3**

*Визначте характер стійкості атмосфери за такими параметрами: реальна температура атмосфери у поверхні землі  $T_p$ , реальна температура у верхньому шарі атмосфери дорівнює температурі стандартної атмосфери на висоті з атмосферним тиском  $P$ .*

Характер стійкості атмосфери визначають шляхом порівняння адіабатичного температурного градієнта ( $-1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{м}$ ) і реального (фактичного) температурного градієнта в атмосфері.

Для визначення температури у верхньому шарі атмосфери спочатку знаходять висоту верхнього шару, використовуючи заданий тиск  $P$  за формулою:

$$P(H) = 101,3(1 - 6,5H/288)^{5,255}, \text{ кПа} \quad (1.1)$$

де  $P$  – тиск, кПа;

$H$  – висота над рівнем моря, км.

Потім визначають температуру атмосфери на цій висоті враховуючи, що в стандартній атмосфері температурний градієнт рівний  $-0,0066 \text{ }^\circ\text{K/м}$  і температура на рівні моря –  $288 \text{ }^\circ\text{K}$ .

Наприклад,  $T_p = 40 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $313 \text{ }^\circ\text{K}$ ); висота верхнього шару атмосфери, розрахована за формулою 1.1, дорівнює 2 км. Пониження температури на цій висоті складатиме  $0,0066 \times 2000 = 13,2 \text{ }^\circ\text{K}$ . Отже, температура верхнього шару атмосфери складе:  $288 \text{ }^\circ\text{K} - 13,2 \text{ }^\circ\text{K} = 274,8 \text{ }^\circ\text{K}$ . Реальний температурний градієнт  $(274,8 \text{ }^\circ\text{K} - 313 \text{ }^\circ\text{K}) / 2000 \text{ м} = -1,91 \text{ }^\circ\text{K/100 м}$ . За умовною шкалою (табл. 2.1) атмосфера є *нестійкою*.

Таблиця 2.1 – Умовна шкала характеру стійкості атмосфери

Реальний температурний градієнт	Характер атмосфери	
$\Delta T < -1,25$	Нестійка	НУ
$-1,25 \leq \Delta T \leq -0,75$	Байдужа	БРЗ
$-0,75 < \Delta T \leq 0$	Слабо стійка	СЛУ
$\Delta T > 0$	Сильно стійка	СУ

Таблиця 2.2 – Варіанти для розрахування завдання 3

Номер варіанта	Параметри атмосфери		Номер варіанта	Параметри атмосфери	
	$P_{ст}^H$ , кПа	$T_p$ , °C		$P_{ст}^H$ , кПа	$T_p$ , °C
1	85	0	16	75	10
2	90	18	17	94	5
3	82	15	18	75	-15
4	76	30	19	96	20
5	65	-5	20	79	25
6	70	40	21	99	15
7	75	-2	22	82	10
8	80	-15	23	81	5
9	78	20	24	80	25
10	69	-40	25	85	35
11	72	10	26	95	15
12	55	25	27	99	10
13	45	-30	28	100	12
14	95	20	29	60	-15
15	91	15	30	82	-20

## 2.2 Тема 4 Розрахунок концентрацій в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, що містяться у викидах підприємств (ОНД-86)

### 2.2.1 Завдання 4.

Визначити максимальні значення приземної концентрації  $C_m$  (мг/м<sup>3</sup> і долі ГДК) для трьох домішок і сумарної. Концентрація  $C_{CO}$ ,  $C_{SO_2}$ ,  $C_{NO_2}$  (мг/м<sup>3</sup>) дана на гирлі труби. У розрахунках прийняти  $m \cdot n \cdot \eta = 1$ .

Значення концентрації забруднюючої речовини  $C_m$  (мг/м<sup>3</sup>), що викидається з одиночного джерела з круглим гирлом, встановлюється за формулою:

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}},$$

де  $A$  – коефіцієнт температурної стратифікації атмосфери;

$M$  – вагові витрати забруднюючої речовини, г/с ;

$F$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин у повітрі;

$m$  и  $n$  – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

$\eta$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості.

$H$  – висота джерела викиду над рівнем землі, м;

Таблиця 2.3 – Варіанти для розрахування завдання 3

Номер варіанта	$D$ , м	$W_o$ , м/с	$H$ , м	$T_b$ , °C	$T_r$ , °C	$A$	$C_{CO}$	$C_{SO_2}$	$C_{NO_2}$
1	1,5	7,00	20,0	25	45	210	3200	160	20
2	0,8	4,50	15,0	35	60	160	320	300	120
3	0,6	12,00	10,0	10	40	140	400	950	450
4	0,4	11,00	8,0	20	50	180	950	180	110
5	0,3	8,00	10,0	25	100	180	600	800	130
6	0,5	4,50	7,0	10	90	200	1000	46	80
7	0,8	11,00	35,0	15	80	200	6000	3500	180
8	1,5	7,00	60,0	20	70	160	4000	6500	250
9	2,5	4,50	80,0	35	60	160	700	4500	1800
10	3,0	6,00	120,0	10	40	160	10000	6500	500
11	2,0	7,50	25,0	20	50	220	3300	260	70
12	1,3	5,00	20,0	30	65	170	420	400	170
13	1,1	12,50	15,0	5	45	150	500	1050	500
14	0,9	11,50	13,0	15	55	190	1050	280	160
15	0,8	8,50	15,0	20	105	190	700	900	180
16	1,0	5,00	12,0	5	95	210	1100	146	130
17	1,3	11,50	40,0	10	85	210	6100	3600	230
18	2,0	7,50	65,0	15	75	170	4100	6600	300
19	3,0	5,00	85,0	30	65	170	800	4600	1850
20	3,5	6,50	125,0	5	45	170	3400	6600	550
21	2,5	8,00	30,0	12	60	230	520	360	100
22	1,8	5,50	25,0	22	75	180	600	500	200
23	1,6	13,00	20,0	27	55	160	1150	1150	530
24	1,4	12,00	18,0	12	65	200	800	380	190
25	1,3	9,00	20,0	17	115	200	1200	1000	210
26	1,5	5,50	17,0	22	105	220	6200	246	160
27	1,8	12,00	45,0	37	95	220	4200	3700	260
28	2,5	8,00	70,0	12	85	180	900	6700	330
29	3,5	5,50	90,0	22	75	180	10200	4700	1880
30	4,0	7,00	130,0	32	55	180	3500	6700	580

## 2.3 Тема 5 Гаусова модель розсіювання забруднюючих речовин у атмосферному повітрі

### 2.3.1 Завдання 5

Визначити концентрацію шкідливої домішки в трьох точках атмосферного повітря від викиду джерела. У розрахунках використати формули Гаусової моделі розсіювання.

Значення концентрації забруднюючої речовини  $C$ , що викидається з одиночного джерела, встановлюється за формулою:

$$C(x, y, z, H) = \frac{M}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \left[ \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\},$$

де  $C$  - концентрація в деякій точці з координатами  $x - y - z$ ; г/м<sup>3</sup>;

$M$  - потужність викиду, г/с;

$H$  - висота віртуального джерела (сума геометричної висоти труби і початкового підйому струменя), м;

$u$  - середня швидкість вітру, м/с;

Значення  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  (горизонтальне і вертикальне стандартне відхилення) залежать від видалення точки від джерела у напрямі вітру і від характеру стійкості атмосфери –  $A, B, C, D, E, F$ . Їх величину визначають по діаграмах, отриманим експериментальним шляхом (рис. 1 а, 1 б).

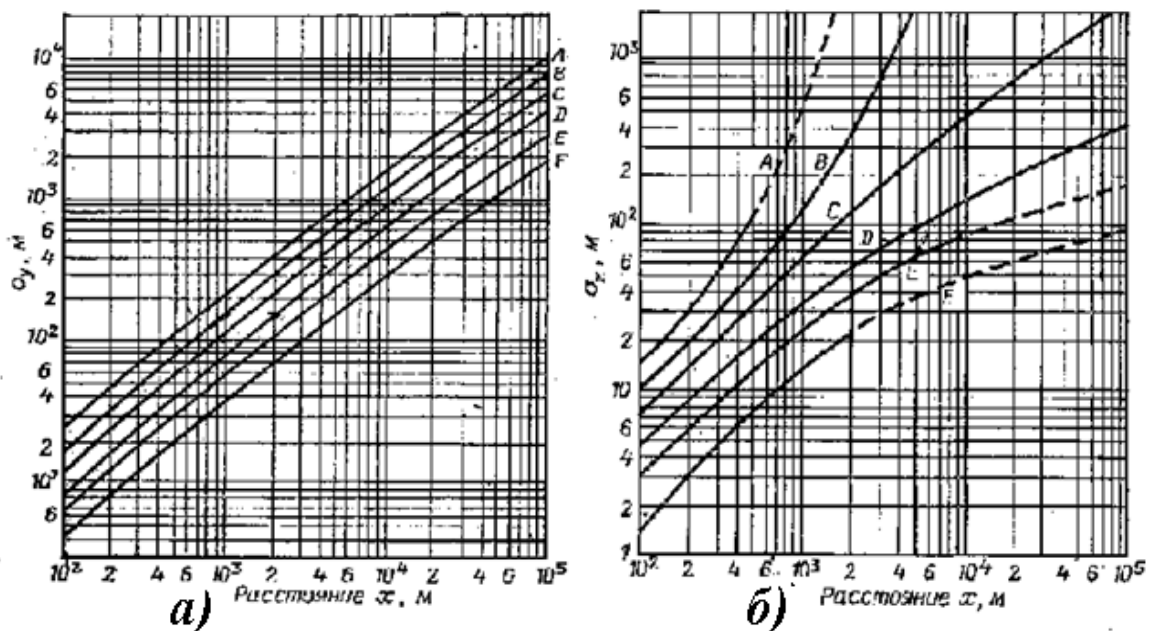


Рисунок 2.1 – Стандартне відхилення  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  в горизонтальному (а) і вертикальному(б) напрямі

Таблиця 2.4 – Варіанти для розрахування завдання 5

Номер варіанта	$H$ , м	$M$ , г/с	$U$ , м/с	$X$ , м	$Y$ , м	$Z$ , м	Номер точки	Клас стійкості
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	60	1500	6	500	80	10	1	$D$
	60	1500	6	500	0	120	2	$D$
	60	1500	6	500	100	0	3	$D$
2	80	250	8	500	200	0	1	$A$
	80	250	8	500	100	100	2	$A$
	80	250	8	500	0	10	3	$A$
3	50	200	10	5000	100	100	1	$D$
	50	200	10	5000	120	0	2	$D$
	50	200	10	5000	0	80	3	$D$
4	100	2600	10	10000	500	0	1	$C$
	100	2600	10	10000	900	100	2	$C$
	100	2600	10	10000	0	200	3	$C$
5	60	1500	2	500	90	0	1	$D$
	60	1500	2	500	120	10	2	$D$
	60	1500	2	500	0	130	3	$D$
6	115	250	6	500	100	0	1	$A$
	115	250	6	500	150	80	2	$A$
	115	250	6	500	80	100	3	$A$
7	100	400	5	5000	50	0	1	$D$
	100	400	5	5000	150	5	2	$D$
	100	400	5	5000	400	15	3	$D$
8	60	1500	6	500	150	10	1	$D$
	60	1500	6	500	0	120	2	$D$
	60	1500	6	500	100	0	3	$D$
9	80	250	8	500	200	0	1	$A$
	80	250	8	500	100	100	2	$A$
	80	250	8	500	0	10	3	$A$
10	50	200	10	5000	100	100	1	$D$
	50	200	10	5000	120	0	2	$D$
	50	200	10	5000	0	80	3	$D$
11	100	2600	10	10000	500	0	1	$C$
	100	2600	10	10000	900	100	2	$C$
	100	2600	10	10000	0	200	3	$C$
12	60	1500	2	500	90	0	1	$D$
	60	1500	2	500	120	10	2	$D$
	60	1500	2	500	0	130	3	$D$



Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	115	250	6	500	100	0	1	<i>A</i>
	115	250	6	500	150	80	2	<i>A</i>
	115	250	6	500	80	100	3	<i>A</i>
14	100	400	5	5000	50	0	1	<i>D</i>
	100	400	5	5000	150	5	2	<i>D</i>
	100	400	5	5000	400	15	3	<i>D</i>
15	35	1500	6	500	150	10	1	<i>D</i>
	35	1500	6	500	0	70	2	<i>D</i>
	35	1500	6	500	100	0	3	<i>D</i>
16	60	250	8	500	200	0	1	<i>A</i>
	60	250	8	500	100	100	2	<i>A</i>
	60	250	8	500	0	10	3	<i>A</i>
17	80	200	10	5000	100	100	1	<i>D</i>
	80	200	10	5000	120	0	2	<i>D</i>
	80	200	10	5000	0	80	3	<i>D</i>
18	100	2600	10	10000	500	0	1	<i>C</i>
	100	2600	10	10000	900	100	2	<i>C</i>
	100	2600	10	10000	0	200	3	<i>C</i>
19	100	1500	2	500	10	0	1	<i>D</i>
	100	1500	2	500	60	60	2	<i>D</i>
	100	1500	2	500	0	60	3	<i>D</i>
20	40	250	6	500	100	0	1	<i>A</i>
	40	250	6	500	150	80	2	<i>A</i>
	40	250	6	500	80	100	3	<i>A</i>
21	100	400	5	5000	50	0	1	<i>D</i>
	100	400	5	5000	150	5	2	<i>D</i>
	100	400	5	5000	400	15	3	<i>D</i>
22	80	1500	6	500	60	10	1	<i>D</i>
	80	1500	6	500	0	150	2	<i>D</i>
	80	1500	6	500	70	0	3	<i>D</i>
23	110	250	8	500	200	0	1	<i>A</i>
	110	250	8	500	100	100	2	<i>A</i>
	110	250	8	500	0	10	3	<i>A</i>
24	55	200	10	5000	100	100	1	<i>D</i>
	55	200	10	5000	120	0	2	<i>D</i>
	55	200	10	5000	0	80	3	<i>D</i>
25	95	2600	10	10000	500	0	1	<i>C</i>
	95	2600	10	10000	900	100	2	<i>C</i>
	95	2600	10	10000	0	200	3	<i>C</i>

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	45	1500	2	500	90	0	1	<i>D</i>
	45	1500	2	500	120	10	2	<i>D</i>
	45	1500	2	500	0	130	3	<i>D</i>
27	70	250	6	500	100	0	1	<i>A</i>
	70	250	6	500	150	80	2	<i>A</i>
	70	250	6	500	80	100	3	<i>A</i>
28	120	400	5	5000	50	0	1	<i>D</i>
	120	400	5	5000	150	5	2	<i>D</i>
	120	400	5	5000	400	15	3	<i>D</i>
29	140	250	6	500	100	0	1	<i>A</i>
	140	250	6	500	150	80	2	<i>A</i>
	140	250	6	500	80	100	3	<i>A</i>
30	80	400	5	5000	50	0	1	<i>D</i>
	80	400	5	5000	150	5	2	<i>D</i>
	80	400	5	5000	400	15	3	<i>D</i>

## 2.4 Контрольні запитання до ЗМ 2

1. Проаналізувати складові атмосферної турбулентності і їх роль в розсіюванні домішок в атмосфері.
2. Проаналізувати розподіл концентрації домішки в атмосфері під факелом точкового джерела. Привести чинники, що впливають на розсіювання домішки.
3. Проаналізувати чинники, що визначають висоту початкового підйому факела і ефективну висоту джерела.
4. Проаналізувати види інверсій, причини утворення інверсій і взаємозв'язок градієнта температури із стійкістю атмосфери.
5. Проаналізувати взаємозв'язок температурного профілю приземної атмосфери і форми струменя диму від поодинокого джерела.
6. Проаналізувати алгоритм розрахунку забруднення атмосфери викидами поодинокого джерела з круглим перерізом (ОНД- 86).
7. Проаналізувати алгоритм розрахунку забруднення атмосфери викидами поодинокого джерела з прямокутним перерізом і лінійного джерела (аераційний ліхтар) (ОНД- 86).
8. Проаналізувати порядок обліку впливу рельєфу місцевості методикою ОНД-86.

9. Проаналізувати алгоритм визначення  $C_\phi$  за даними постів спостережень.
10. Проаналізувати алгоритм визначення  $C_\phi$  розрахунковим методом.
11. Обґрунтувати необхідність виключення з  $C_\phi$  вкладу діючого підприємства при розрахунках забруднення атмосферного повітря.
12. Проаналізувати основні положення Гаусової моделі розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

### 3 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

#### СИСТЕМА ІНЖЕНЕРНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

##### 3.1 Тема 6 Шляхи зниження промислових викидів у атмосферне повітря.

##### Тема 7 Шляхи зниження викидів від автотранспорту

###### 3.1.1 Завдання 6

*Визначити мінімальну необхідну масу адсорбенту – активованого вугілля – для очищення газового викиду від двоокису сірки.*

Мінімально необхідну масу адсорбенту ( $M$ , кг) визначають з рівняння матеріального балансу з вловлюємого компонента за формулою:

$$M a = K_3 \cdot C_o \cdot Q \cdot \tau,$$

де  $Q$  – об'ємна витрата газу;

$C_o$  – концентрація вловлюємого компонента;

$\tau$  – час процесу адсорбції;

$K_3$  – коефіцієнт запасу;

$a$  – статична поглинальна здатність, мг/г.

Для визначення поглинальної здатності адсорбенту використовують залежність адсорбційної здатності  $a$  від парціального тиску  $P$  газового компонента, що поглинається, при постійній температурі (ізотерма адсорбції)  $a = f(P)$  при  $T = const$  (рис. 3.1).

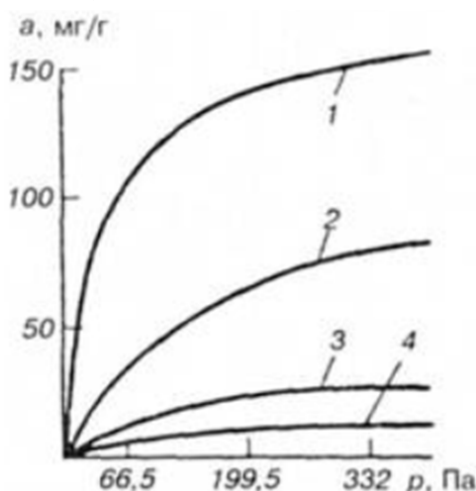


Рисунок 3.1 – Ізотерми адсорбції  $\text{SO}_2$  на активованому вугіллі СТК при різних температурах:

1 – 20 °C; 2 – 50 °C; 3 – 100 °C; 4 – 150 °C

( $a$  – маса поглиненої речовини)

Таблиця 3.1 – Варіанти для розрахування завдання 6

Номер варіанта	$C_o$ , мг/м <sup>3</sup>	$Q_o$ , м <sup>3</sup> /с	$\tau$ , год	$K_z$	$P_{SO_2}$ , Па	$T$ °C
1	1000	1	4	1,1	66,5	20
2	850	2	4	1,1	66,5	20
3	700	3	4	1,1	66,5	20
4	630	4	4	1,1	66,5	20
5	1100	5	4	1,1	66,5	20
6	200	10	6	1,2	66,5	50
7	300	9	6	1,2	66,5	50
8	500	8	6	1,2	66,5	50
9	400	7	6	1,2	66,5	50
10	350	6	6	1,2	66,5	50
11	270	5	2	1,15	199,5	20
12	540	4	2	1,15	199,5	20
13	710	6	2	1,15	199,5	20
14	820	8	2	1,15	199,5	20
15	450	10	2	1,15	199,5	20
16	1000	1	5	1,1	199,5	50
17	850	2	5	1,1	199,5	50
18	700	3	5	1,1	199,5	50
19	630	4	5	1,1	199,5	50
20	1100	5	5	1,1	199,5	50
21	200	10	3	1,2	332,0	50
22	300	9	3	1,2	332,0	50
23	500	8	3	1,2	332,0	50
24	400	7	3	1,2	332,0	50
25	350	6	3	1,2	332,0	50
26	270	5	7	1,15	332,0	100
27	540	4	7	1,15	332,0	100
28	710	6	7	1,15	332,0	100
29	820	8	7	1,15	332,0	100
30	450	10	7	1,15	332,0	100

### **3.2 Контрольні запитання до ЗМ 3**

1. Проаналізуйте основні заходи по зниженню забруднення атмосферного повітря міського середовища.
2. Проаналізуйте основні шляхи скорочення промислових викидів.
3. Дайте порівняльну характеристику промислових способів очищення газів від газо- і пароподібних домішок.
4. Дайте порівняльну характеристику промислових способів очищення газів від аерозолів.
5. Проаналізуйте сорбційні способи очищення промислових викидів.
6. Проаналізуйте сухі інерційні способи очищення промислових викидів.
7. Проаналізуйте джерела і компонентний склад викидів від автотранспорту.
8. Проаналізуйте основні шляхи підвищення екологічних показників автотранспорту.
9. Приведіть схему роботи нейтралізаторів, що використовуються на автотранспорті.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Екологічна безпека: підручник / [Шмандій В. М. та ін.]; за ред. В. М. Шмандій, М. О. Клименко, Ю. С. Голік, А. М. Прищепи, В.С. Бахарєва, О. В. Харламовой. – Кременчук : КНУ, 2011. – 337 с.
2. МР 2.2.12-142-2007 Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Методичні рекомендації. Затверджено наказом МОЗ від 13 квітня 2007 р. N 184
3. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86. – Ленинград : Госкомгидромет, 1987. – 94 с.
4. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М. Е. Берлянд. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.
5. Экология города: учебник / под ред. Ф.В.Стольберга. – Киев : Либра, 2000. – 464 с.

*Навчальне видання*

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

### «ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА АТМОСФЕРИ МІСТА»

*(для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання  
спеціальності 183 – Технологія захисту навколишнього середовища)*

Укладачі : **БЄКЄТОВ** Володимир Єгорович,  
**ЄВТУХОВА** Галина Петрівна

Відповідальний за випуск *Я. О. Герасименко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *В. Є. Бєкетова*

План 2016, поз.75М

Підп. до друку 21.04.2017 р.

Друк на різнографі

Зам. №

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 1,4

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017 р.